УДК 630*378.33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПАКЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ В ГИБКИХ СТРОПКОНТЕЙНЕРАХ

А. Ф. ИЗАКОВ, Е. К. ЛЕЙНАРТАС

Сибирский технологический институт

Ряд работ [1, 3, 4] посвящен исследованию габаритов пакета круглых лесоматериалов в различных технологических процессах.

Нами использованы дифференциальные уравнения равновесия гибкой нити, загруженной пучковой средой (см. рисунок) [3]:

$$d\left(T\,\frac{dx}{dl}\right) + m\,(H-y)\,\gamma dy = 0;$$
$$d\left(T\,\frac{dy}{dl}\right) - (H-y)\,\gamma dx = 0, \qquad (1)$$

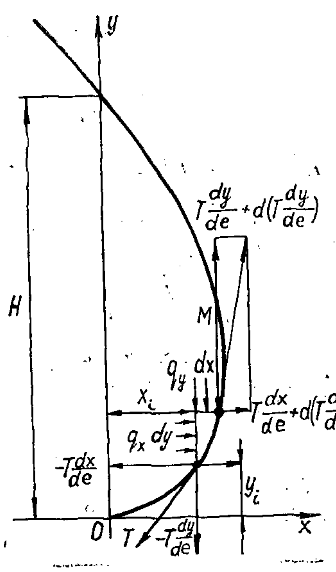
где T — натяжение гибкой нити;
dl — элемент длины;
m — коэффициент пропорциональности для пучковой среды;
H — расстояние от нижней точки пакета до верхней точки стропа;
γ — удельный вес древесины.

Интегрируя первое уравнение из системы (1), получаем:

$$T\,\frac{dx}{dl} = \frac{m\gamma}{2}\,[(H-y)^2 - A].$$

Постоянную интергрирования A найдем из условия $x = 0$, $y = 0$, $\frac{dx}{dl} = \sin 90^\circ = 1$, откуда $T = \frac{m\gamma}{2}\,[H^2 - A]$ или

$$A = H^2 - \frac{2}{m\gamma}\,T. \qquad (2)$$



Из системы (1) получаем после преобразований дифференциальное уравнение

$$\frac{1}{2}\,m\,[(H-y)^2 - A]\,\frac{d^2y}{dx^2} - m\,(H-y)\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 - (H-y) = 0.$$

Понижая порядок уравнения и интегрируя его, определяем

$$\frac{dx}{dy} = \frac{\sqrt{m}\,[(H-y)^2 - A]}{\sqrt{D^2 - [(H-y)^2 - A]^2}}. \qquad (3)$$

Постоянную интегрирования D найдем из начальных условий: при $y = 0$ имеем $\frac{dx}{dy} = \infty$ и $x = 0$. Отсюда имеем $D^2 = (H^2 - A)^2$ или $D = H^2 - A = \frac{2}{m\gamma}\,T$ с учетом (2).

Решение (3), удовлетворяющее условию $x\,|_{y=0} = 0$, запишем в виде:

$$x\,(y) = \int\limits_0^y \frac{\sqrt{m}\,[(H-t)^2 - A]\,dt}{\sqrt{D^2 - [(H-t)^2 - A]^2}}, \qquad (4)$$

где t — переменная интегрирования.

Обозначив в уравнении (4), $H - t = v$, получим:

$$x(y) = \sqrt{m} \int_{H-y}^{H} \frac{[v^2 - A]\,dv}{\sqrt{(H^2 - v^2)(H^2 + v^2 - 2A)}}.$$

Рассмотрим уравнение равновесия гибкой нити на отрезке $0 \leqslant y \leqslant H$. Здесь $H \geqslant v \geqslant 0$, следовательно, $H^2 - v^2 \geqslant 0$. Так как условие $H^2 + v^2 - 2A = 0$ должно выполняться для всех v, то $H^2 - 2A \geqslant 0$.

Если $H^2 - 2A = 0$, то

$$x = \sqrt{m} \int_{H-y}^{H} \frac{(v^2 - A)\,dv}{v\sqrt{H^2 - v^2}} = \sqrt{m}\left(\sqrt{2Hy - y^2} - \frac{H}{y} \ln \frac{H + \sqrt{2Hy - y^2}}{H - \sqrt{2Hy - y^2}}\right). \quad (5)$$

Из (5) видно, что линия $x = x(y)$ не может пересекать ось $0y$ в точке $y = H$. Если $H^2 - 2A \geqslant 0$, то это равносильно, с учетом (2), условию:

$$H \leqslant 2\sqrt{\frac{T}{m\gamma}}. \quad (6)$$

В этом случае интеграл (4) выражается через эллиптические интегралы [2]

$$x(y) = \sqrt{m}\,\sqrt{2H^2 - 2A}\left[E\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - \frac{1}{2} F\left(\frac{\pi}{2}, k\right)\right] - \sqrt{m}\,\sqrt{2H^2 - A}\,\Big[E(\varphi, k) -$$

$$- \frac{1}{2} F(\varphi, k)\Big] + \sqrt{m}\,(H - y)\sqrt{\frac{H^2 - (H - y)^2}{(H - y)^2 + H^2 - 2A}}, \quad (7)$$

где $E\left(\frac{\pi}{2}, k\right)$, $F\left(\frac{\pi}{2}, k\right)$ — полные эллиптические интегралы первого и второго рода соответственно;

$E(\varphi, k)$ и $F(\varphi, k)$ — неполные эллиптические интегралы.

Кроме того,

$$k = \frac{H}{\sqrt{2H^2 - 2A}}; \qquad \varphi = \arcsin \frac{H - y}{H} \sqrt{\frac{2H^2 - 2A^2}{(H - y)^2 + H^2 - 2A}}. \quad (8)$$

Если потребовать, чтобы кривая $x = x(y)$ пересекала ось $0y$, т. е. $x = 0$ при $y = H$, то из (6), с учетом $\varphi = \arcsin 0 = 0$ и $E(\varphi, k) = F(\varphi, k) = 0$, получим

$$2E\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) = 0. \quad (9)$$

Решая уравнение (9) относительно k (например: используя таблицы элиптических функций), найдем $k_0 = 0{,}90865$. Учитывая (2) и (8), окончательно имеем:

$$H = 1{,}8183\sqrt{\frac{T}{m\gamma}}. \quad (10)$$

Таким образом, требование, чтобы кривая (7) пересекала ось $0y$ в точке H, равносильно соотношению (10), связывающему параметры H, T, m, γ. Высота пакета при подъеме его за обвязку нелинейно зависит от габаритов и массы перегружаемой совокупности лесоматериалов, комплексно отражаемых параметром T, а так же от их характеристик: удельного веса γ и коэффициента пропорциональности m.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Воробьев А. Г. О расчете по эластиковой теории пучковых плотов для случая нахождения их на суше // Лесоинженерное дело: Науч. докл. высш. шк.— 1958.— № 3.— С. 40—52. [2]. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике: Для науч. работников и инженеров.— М.: Наука, 1978.— 832 с. [3]. Реутов Ю. М. Расчеты пучков (пакетов) круглых лесоматериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 152 с. [4]. Реутов Ю. М., Крейчман М. М. Определение параметров пакетов в гибких стропах в подвешенном состоянии // Транспорт леса в плотах: Сб. тр. / ЦНИИЛесосплава.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— С. 18—25.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 1 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1991

УДК 674.09-791.8

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ УПРУГОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ СОРТИРОВКИ ПО МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

В. В. ОГУРЦОВ, И. С. МАТВЕЕВА, М. И. ЗАХАРОВ

Сибирский технологический институт

Механическая модель сортирующей установки с пиломатериалом для данных исследований получена из общей динамической модели системы сортирующая установка — пиломатериал [2] путем дополнительной конкретизации и абстрагирования (рис. 1). Она имеет одну степень свободы с обобщенной координатой y.

Составим для нее уравнение Лагранжа [3].

Кинетическую T и потенциальную $П$ энергии, а также диссипативную функцию Φ системы определяем из выражений:

$$T = \frac{1}{2}\left(\frac{m_п}{3} + m_в\right)\dot{y}^2; \qquad (1)$$

$$П = \frac{1}{2}(C_д + C_п)\, y^2; \qquad (2)$$

$$\Phi = \frac{1}{2}(\mu)\,\dot{y}^2, \qquad (3)$$

где $m_п$ — масса нагруженного участка пиломатериала;
$m_в$ — масса изгибающего вальца и жестко связанных с ним тел;
$C_п$, $C_д$ — жесткости пиломатериала и датчика силы;
μ — коэффициент внутреннего трения древесины;
y, $\dot{y}$ — обобщенная координата и обобщенная скорость системы.

Члены в скобках в выражениях (1)—(3) представляют собой соответственно приведенные коэффициенты инерции, жесткости и сопротивления системы.

Тогда дифференциальное уравнение системы сортирующая установка — пиломатериал принимает вид

$$\left(\frac{m_п}{3} + m_в\right)\ddot{y} + \mu\dot{y} + (C_д + C_п)\, y = 0. \qquad ( )$$

Варьирование жесткости пиломатериала по длине опишем выражением

$$C_п = C_{по} - \Delta C_п \cos\frac{2\pi v}{d}t. \qquad (5)$$

Здесь $C_{по}$ — средняя жесткость пиломатериала;
$\Delta C_п$, d — амплитуда и период колебаний жесткости;
v — скорость перемещения пиломатериалов.

Следовательно, уравнение (4) можно записать в виде

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + k_0^2(1 - \psi\cos\omega t)\, y = 0, \qquad (6)$$

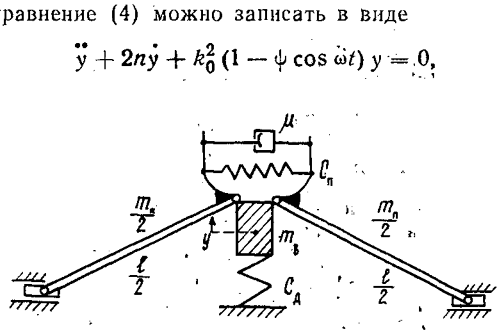


Рис. 1. Модель сортирующей установки с постоянным прогибом для исследования динамических нагрузок, обусловленных переменным характером силы упругости пиломатериалов